

JP2001174976

Title:

**HALFTONE PHASE SHIFT MASK AND HALFTONE PHASE SHIFT MASK
BLANK**

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a halftone phase shift mask capable of nearly perfectly preventing the leakage of light for exposure by a simple structure while making good use of its original advantages and a halftone phase shift mask blank as the material of the halftone phase shift mask. **SOLUTION:** In a halftone phase shift mask blank with a translucent film 5 comprising a monolayer film which transmits light having such intensity as not to contribute to exposure and shifts the phase of the transmitted light on a transparent substrate 1, a light shielding film 7 comprising a material having resistance to an atmosphere in which the constituent material of the translucent film 5 is etched is disposed on the translucent film 5.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-174976
(P2001-174976A)

(43) 公開日 平成13年6月29日 (2001.6.29)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル* (参考)
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	Λ
			L
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	S 0 2 P

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-335719 (P2000-335719)
(62) 分割の表示 特願平5-274616の分割
(22) 出願日 平成5年11月2日 (1993.11.2)

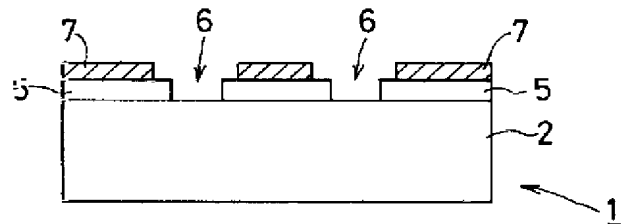
(71) 出願人 000113263
ホーヤ株式会社
東京都新宿区中落合2丁目7番5号
(72) 発明者 大久保 靖
東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホーヤ株式会社内
(74) 代理人 100091362
弁理士 阿仁屋 節雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 ハーフトーン型位相シフトマスク及びハーフトーン型位相シフトマスクブランク

(57) 【要約】

【課題】 比較的簡単な構成によって、ハーフトーン型位相シフトマスク本来の利点を生かしつつその欠点である露光光の洩れをほぼ完全に防止することができるハーフトーン型位相シフトマスク及びその素材たるハーフトーン型位相シフトマスクブランクを提供する。

【解決手段】 透明基板1上に、実質的に露光に寄与しない強度の光を透過させ、該透過光の位相をシフトさせる一層膜からなる半透光膜5を有するハーフトーン型位相シフトマスクブランクにおいて、半透光膜5の上に、半透光膜5を構成する材料のエッチング環境に耐性を有する材料からなる遮光膜7を設けた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明基板上に、実質的に露光に寄与しない強度の光を透過させ、該透過光の位相をシフトさせる一層膜からなる半透光膜を有するハーフトーン型位相シフトマスクブランクにおいて、

前記半透光膜の上に、前記半透光膜を構成する材料のエッチング環境に耐性を有する材料からなる遮光膜を有することを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクブランク。

【請求項2】 前記半透光膜が、酸化窒化モリブデンシリサイド、クロムの酸化物、クロムの窒化物、クロムの弗化物、クロムの炭化物、これらクロム化合物の混合物又は酸化シリコンに吸光材を混合させた材料を主成分とする材料からなることを特徴とする請求項1に記載のハーフトーン型位相シフトマスクブランク。

【請求項3】 前記半透光膜を構成する材料が、酸化窒化モリブデンシリサイド膜であり、前記半透光膜のエッチング環境に耐性を有する材料が、クロムを含有する材料であることを特徴とする請求項1又は2に記載のハーフトーン型位相シフトマスクブランク。

【請求項4】 透明基板上に、実質的に露光に寄与しない強度の光を透過させるとともにこの透過光の位相をシフトさせる一層膜で構成される半透光膜のパターンを有するハーフトーン型位相シフトマスクを製造するハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法において、透明基板上に、順次、半透光膜とこの半透光膜のエッチング環境に耐性を有する材料からなる遮光膜とを有するハーフトーン型位相シフトマスクブランクを用い、前記ハーフトーン型位相シフトマスクブランクの遮光膜上にレジストパターンを形成するレジストパターン形成工程と、

前記レジストパターンをマスクにして前記遮光膜をエッチングすることによって遮光膜パターンを形成する遮光膜パターン形成工程と、

前記レジストパターン及び遮光膜パターンをマスクにして前記半透光膜をエッチングすることによって半透光膜パターンを形成する半透光膜パターン形成工程と、

前記半透光膜パターン形成工程後に残存したレジストパターンを除去するレジスト除去工程とを有することを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法。

【請求項5】 前記半透光膜パターン形成工程後に、前記遮光膜パターンの一部を除去するエッチングを施し、少なくとも転写領域内において位相シフト機能を果たす部分の遮光膜を除去する工程を含むことを特徴とする請求項4に記載のハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法。

【請求項6】 請求項4又は5に記載の方法を用いて製造されたことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、マスクを通過する露光光間に位相差を与えることにより、転写パターンの解像度を向上できるようにした位相シフトマスクであって、遮光部を実質的に露光に寄与しない強度の光を透過させると同時に透過光の位相をずらす半透光膜で構成し、この遮光部と透光部との境界近傍を通過した光が互いに打ち消しあうようにして境界部のコントラストを良好に保持できるようにしたいいわゆるハーフトーン型位相シフトマスク及びその素材たるハーフトーン型位相シフトマスクブランクに関する。

【0002】

【従来の技術】半導体LSI製造等においては、微細パターン転写マスクたるフォトマスクの一つとして位相シフトマスクが用いられる。この位相シフトマスクは、マスクを通過する露光光間に位相差を与えることにより、転写パターンの解像度を向上できるようにしたものである。この位相シフトマスクの一つに、特に、単一のホール、ドットまたはライン、スペース等の孤立したパターン転写に適したものとして、特開平4-136854号公報に記載の位相シフトマスクが知られている。

【0003】図23は特開平4-136854号公報に記載の位相シフトマスクの断面図である。図23に示されるように、この公報記載の位相シフトマスク30は、透明基板31上に実質的に露光に寄与しない強度の光を透過させると同時に通過する光の位相をシフトさせる半透光膜32を形成し、次いで、該透明基板31の中央部の転写領域Iに、前記半透光膜32の一部を選択的に除去することにより、実質的に露光に寄与する強度の光を透過させる透光部33と実質的に露光に寄与しない強度の光を透過させる半透光部34とで構成するマスクパターンを形成したものである。そして、この位相シフトマスク30は、半透光部34を通過する光の位相をシフトさせて該半透光部34を通過した光の位相が上記透光部33を通過した光の位相に対して実質的に反転する関係になるようにすることにより、前記透光部33と半透光部34との境界近傍を通過して回折により回り込んだ光が互いに打ち消しあうようにして境界部のコントラストを良好に保持できるようにしたものである。図24は透光部33と半透光部34との境界部近傍を通過した光の振幅分布や強度分布を示したものである。このタイプの位相シフトマスクは、いわゆるハーフトーン型位相シフトマスクと称されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、ハーフトーン型位相シフトマスクは、要するに、半透光部によって位相シフト機能と遮光機能とを兼ねさせたものである。すなわち、この半透光部を、パターンの境界部においては位相シフト層として機能させ、それ以外の部分では遮光層として機能させている。したがって、本来は完

全に露光光を遮断するのが理想的である部分にもわずかな漏れ光が到達している。通常は、この漏れ光があっても実質的な露光とまで至らないように、全体の露光量を調整する。

【0005】ところで、例えば、被転写体に形成された露光対象たるレジストの膜厚が場所によって大巾に異なっている場合のように、被転写体の場所によって必要な露光量が大きく異なるような場合には、どうしても全体の露光量を被転写体の各場所で必要とする露光量のうちの最大の露光量をカバーできる値に設定しなければならない。そうしないと、全体の露光ができないからである。

【0006】ところが、そうすると、例えば、大きい露光量を必要とした膜厚の厚い部分では、半透光部からの漏れ光による影響は小さいが、膜厚の薄い部分では、漏れ光による露光によって現像後のレジストの膜減りが許容範囲を越えてしまう場合も生ずることが判明した。図25ないし図27はこの事情の説明図である。

【0007】図25は露光対象たるレジストの膜厚が場所によって異なる被転写体の例を示す図、図26は図25の被転写体に露光を施す様子を示す図、図27は図26で示された露光をして現像した後の被転写体を示す図である。

【0008】図25に示される被転写体は、基板100上に、0.5 μ m程度の段差を有する導電膜101が設けられ、この上にパターン形成のためのポジ型レジスト膜102がスピンコート法で形成されたものである。この被転写体は、レジスト102にパターン露光して現像し、レジストパターンを形成した後、このレジストパターンをマスクにしてエッチングを施すことにより導電膜101に配線用パターンを形成するものである。

【0009】図26に示されるように、上記レジスト膜102の露光を、ハーフトーン型位相シフトマスク30によって行う場合を考える。この場合、導電膜101の膜厚が薄い部分である領域Bにおけるレジスト102の膜厚の方が、導電膜101の膜厚の厚い部分である領域Aにおけるレジスト102の膜厚よりも厚い。このため、露光量の値は、この領域Bを露光できる大きい値に設定される。

【0010】そうすると、図27に示されるように、レジスト101を現像すると、半透光部34からの漏れ光に応じてレジストパターン102aの膜減りが生ずる。この膜減量は、レジスト膜102の膜厚がもともと十分に厚い領域Bの場所ではエッチング時に問題となるような量ではない。しかしながら、レジスト膜102の膜厚がもともと薄い領域Aの場所では膜厚がさらに薄くなってしまい、エッチング時にマスクとしての機能を十分に果たし得なくなる場合がある。このため、露光量の設定が困難となり、場合によっては、最適露光量が得られない場合も生じ得る。この事情は、半透光部の透過率が高

い(例えば、10～15%)場合には、露光光のエネルギーの洩れ量が大きくなるため、特に深刻な問題となる。

【0011】また、このハーフトーン型位相シフトマスクは、通常、半導体製造に用いられる露光装置である縮小投影露光装置(ステッパー)のマスク(レティクル)として用いられる。このステッパーは、レティクルを露光光で投影して得られる投影像を投影レンズで縮小し、被転写体である半導体ウエハ上に結像させて縮小投影露光を行うものである。この縮小投影露光は、通常、1枚の半導体ウエハ上の異なる位置に同一のレティクルのパターンを繰り返し転写して露光し、1枚のウエハから多数の半導体チップを得るものである。このため、このステッパーを用いてパターン転写を行うときは、図23に示されるように、ステッパーに備えられた被覆部材(アパーチャー)36によって位相シフトマスク30(レティクル)の転写領域Iのみを露出させるように周縁領域を被覆して露光を行う。

【0012】しかしながら、このアパーチャー36は、精度よく(例えば1 μ m以下の精度)転写領域のみを露出させるように設置することは機械精度的に難しく、多くの場合、露出部が転写領域の外周周辺の非転写領域にはみでてしまう。また、アパーチャーが仮に高精度であってもはみだし部がない場合であっても、アパーチャーと被転写体との間に距離があることから露光光が回折して非転写領域に達する。

【0013】このように、アパーチャー36が本来の転写領域よりも広い範囲に露光光を通過させた場合、次の問題のあることがわかった。すなわち、ハーフトーン型位相シフトマスク30は、通常、非転写領域に実質的に露光に寄与しない強度の光を通過させる光半透光膜32が形成されている。このため、上述のように、アパーチャー36が本来の転写領域よりも広い範囲に露光光を通過させると、このはみだし部分で実質的に露光に寄与しない強度の光による露光がなされる。勿論、このはみだし部分があっても1回の露光では何等問題は生じない。しかし、このはみだして露光された部分(はみだし露光部)が転写領域に重なったり、あるいは次の露光の際に同様にはみだして露光された部分と重なる場合が生じ、この重複露光によって、1回の露光では実質的に露光に寄与しない露光量であっても、それらが加算されて露光に寄与する量に達する場合がある。したがって、これにより、本来は露光されるべきでない領域に結果的に露光が施されたと同様のことがおこり、欠陥が発生する。以下、この点を具体的に説明する。

【0014】図28ははみだし露光部が重なる現象を示す説明図である。図9は説明を簡単にするために露光対象たるレジストを塗布したウエハ上に隣接して4個の転写を行った場合を想定したものであって、実線で囲まれる領域E11、E12、E13、E14が転写領域であ

り、それぞれの転写領域の外側の点線で囲まれる部分がはみだし部 $\Delta E I 1$ 、 $\Delta E I 2$ 、 $\Delta E I 3$ 、 $\Delta E I 4$ である。上記各転写領域の寸法（縦及び横）は I 、実際のアパーチャーの光通過孔の寸法（縦及び横）は I' 、はみだし部の寸法（幅）は ΔI である。尚、転写領域 $E I 1$ 、 $E I 2$ 、 $E I 3$ 、 $E I 4$ の相互位置関係は、ステッパーの $X-Y$ ステージ等によって正確となり合わせになるように設定される。また、図28では説明をわかり易くするために、はみだし部 $\Delta E I 1$ 、 $\Delta E I 2$ 、 $\Delta E I 3$ 、 $\Delta E I 4$ を拡大して示してある。

【0015】図28から明らかなように、はみだし部 $\Delta E I 1$ 、 $\Delta E I 2$ 、 $\Delta E I 3$ 、 $\Delta E I 4$ は、相互に隣接するもの同志で重なり部分が生ずる。これら重なり部分をそれぞれ $\delta E I 12$ 、 $\delta E I 24$ 、 $\delta E I 34$ 、 $\delta E I 13$ 、 $\delta E I 234$ 、 $\delta E I 134$ 、 $\delta E I 123$ 、 $\delta E I 124$ とすると、重なり部分 $\delta E I 12$ 、 $\delta E I 24$ 、 $\delta E I 34$ 、 $\delta E I 13$ の重なり回数は共に2回であるが、重なり部分 $\delta E I 234$ 、 $\delta E I 134$ 、 $\delta E I 123$ 、 $\delta E I 124$ は3回となり、さらに、点 O においては実質的に4回の重なりとなる。今、半透光膜32の光透過率を15%とすると、2回重なり部分には光透過率30%の膜を通過した場合と同じ量の露光が、3回重なり部分には光透過率45%の膜を通過した場合と同じ量の露光が、さらに、4回重なり部分には光透過率60%の膜を通過した場合と同じ量の露光がそれぞれ行われることになる。このため、これら重なり部分では、実質的に露光に寄与する強度に達する露光が行われる場合が生ずる。その結果、この露光を行った後、レジストを現像し、所定のエッチング等をしてパターンを形成したウエハには、本来は形成すべきでない部分に不要なパターンが形成されることになり、パターン欠陥が発生してしまうことになる。

【0016】本発明は、上述の背景のもとでなされたものであり、比較的簡単な構成によって、ハーフトーン型位相シフトマスク本来の利点を生かしつつその欠点である露光の洩れをほぼ完全に防止することができるハーフトーン型位相シフトマスクブランクを提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するために本発明にかかるハーフトーン型位相シフトマスクブランクは、（構成1）透明基板上に、実質的に露光に寄与しない強度の光を透過させ、該透過光の位相をシフトさせる一層膜からなる半透光膜を有するハーフトーン型位相シフトマスクブランクにおいて、前記半透光膜の上に、前記半透光膜を構成する材料のエッチング環境に耐性を有する材料からなる遮光膜を有することを特徴とする構成とし、

【0018】この構成1の態様として、（構成2）前記半透光膜が、酸化窒化モリブデンシリサイド、クロムの

酸化物、クロムの窒化物、クロムの弗化物、クロムの炭化物、これらクロム化合物の混合物又は酸化シリコンに吸光材を混合させた材料を主成分とする材料からなることを特徴とする構成とし、構成1又は2の態様として、（構成3）前記半透光膜を構成する材料が、酸化窒化モリブデンシリサイド膜であり、前記半透光膜のエッチング環境に耐性を有する材料が、クロムを含有する材料であることを特徴とする構成とした。

【0019】また、本発明にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法は、（構成4）透明基板上に、実質的に露光に寄与しない強度の光を透過させるとともにこの透過光の位相をシフトさせる一層膜で構成される半透光膜のパターンを有するハーフトーン型位相シフトマスクを製造するハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法において、透明基板上に、順次、半透光膜とこの半透光膜のエッチング環境に耐性を有する材料からなる遮光膜とを有するハーフトーン型位相シフトマスクブランクを用い、前記ハーフトーン型位相シフトマスクブランクの遮光膜上にレジストパターンを形成するレジストパターン形成工程と、前記レジストパターンをマスクにして前記遮光膜をエッチングすることによって遮光膜パターンを形成する遮光膜パターン形成工程と、前記レジストパターン及び遮光膜パターンをマスクにして前記半透光膜をエッチングすることによって半透光膜パターンを形成する半透光膜パターン形成工程と、前記半透光膜パターン形成工程後に残存したレジストパターンを除去するレジスト除去工程とを有することを特徴とし、

【0020】この構成4の態様として、（構成5）前記半透光膜パターン形成工程後に、前記遮光膜パターンの一部を除去するエッチングを施し、少なくとも転写領域内において位相シフト機能を果たす部分の遮光膜を除去する工程を含むことを特徴とする構成とした。さらに、本発明にかかる位相シフトマスクは、（構成6）構成4又は5の方法を用いて製造されたことを特徴とする。

【0021】上述の構成によれば、前記半透光膜の上に、前記半透光膜を構成する材料のエッチング環境に耐性を有する材料からなる遮光膜を有するようにしたことにより、半透光膜と遮光膜とのそれぞれに、互いに一方をエッチングするとき他方がエッチングされないようにし、それぞれ別個のパターンを形成することを可能にしている。これにより、遮光部ではより完全な遮光をしつつ、位相シフト機能を果たす部分ではその機能を発揮できるようにしたものである。

【0022】

【発明の実施の形態】（実施例1）図1は本発明の実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの構成を示す図であって図2のI-I線断面の端面図、図2は実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの平面図、図3ないし図11は実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。以下、こ

これらの図面を参照しながら実施例1を説明する。なお、ハーフトーン型位相シフトマスクブランクは、ハーフトーン型位相シフトマスクを製造する際の素材であり、少なくとも透明基板の上に半透光部を構成する半透光膜を有し、この半透光膜の上又は下に遮光層を構成する遮光膜を有するものを広くさすので、その構成は、ハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程の説明の項で明らかになるので、その説明は省略する。

【0023】図1及び図2において、符号1はハーフトーン型位相シフトマスク、符号2は透明基板、符号3は低透過率層、符号4は高透過率層、符号5は半透光層、符号6は透光部、符号7は遮光層である。

【0024】ハーフトーン型位相シフトマスク1は、透明基板2の全面に形成された膜の一部を除去して透光部6を形成することによってパターン化された半透光層5を形成し、この半透光層5の上における透光部6との境界部近傍を除く主要部分に遮光層7を形成したものである。

【0025】半透光層5は、主として光透過特性を左右する低透過率層3の上に、主として位相シフト特性を左右する高透過率層4を重ねることによって構成したものである。

【0026】透光部6は、実質的に露光に寄与する強度の光を透過させる部分である。また、半透光層5は、実質的に露光に寄与しない強度の光を透過させる部分であると同時に、この半透光層5を通過する光の位相をシフトさせて該半透光層5を通過した光の位相と透光部6を通過した光の位相とを異ならしめることにより、透光部6と半透光層5との境界近傍を通過した光の相殺作用を利用して境界部のコントラストを良好に保持できるようにしたものである。

【0027】また、領域Iが転写領域であり、それ以外は非転写領域である。さらに、領域I'は、このハーフトーン型位相シフトマスク1をステッパーのレティクルとして用いた場合におけるステッパーのアパーチャーの光通過領域である。この実施例は、転写領域I以外の非転写領域にも遮光層7を形成したものである。

【0028】これにより、このハーフトーン型位相シフトマスク1をステッパーのレティクルとして用いた場合に、ステッパーのアパーチャーの光通過領域I'と、レティクルたるハーフトーン型位相シフトマスク1の転写領域Iとの間に多少のずれがあって、露光光がハーフトーン型位相シフトマスク1の非転写領域にまではみだして照射されても、このはみだして照射された露光光は上記遮光層7によって遮断されて透過することができない。これにより、被転写体上における非転写領域に不要な露光光が達することを完全に防止でき、上記アパーチャーの光通過領域とハーフトーン型位相シフトマスクの転写領域との間に多少のずれがあった場合にも、このずれに基づく露光の欠陥が生ずることを防止できる。

【0029】透明基板2は、主表面を鏡面研磨した石英ガラス基板（寸法：縦6インチ×横6インチ×厚さ0.25インチ）である。

【0030】半透光層5を構成する低透過率層3は、膜厚21nmのCr膜であり、波長365nmの露光光に対する透過率が15%である。また、高透過率層4は、膜厚380nmのSOG（塗布ガラス；スピン・オン・ガラス）膜であり、波長365nmの露光光の位相を180°シフトさせる。

【0031】また、遮光層7は、Crからなる膜厚80nmの膜である。

【0032】次に、図3ないし図11を参照しながら、上述の構成のハーフトーン型位相シフトマスク1の製造工程を説明する。

【0033】まず、透明基板2上に、スパッタリング法によりCrからなる低透過率膜3aを形成する。次に、低透過率膜3a上にSiO₂系被覆膜形成用塗布液（アライドシグナル社製のアキュグラス#311スピンオンガラス（商品名））を滴下し、スピンコート法により全面に拡げ、その後、焼成してバインダーの有機化合物を揮発させて、SOG（スピン・オン・ガラス）膜からなる高透過率膜4aを形成し、低透過率膜3aと高透過率膜4aとからなる半透光膜5aを形成する。次に、高透過率膜4a上に、スパッタリング法によりCrを膜厚80nmに成膜して遮光膜7aを形成する。次いで、ポジ型電子線レジスト（ZEP-810S：日本ゼオン社製）を、遮光膜7aの上に膜厚500nmに塗布し、ベークしてレジスト膜8aを形成する（図3参照）。

【0034】次に、透明基板2上の転写領域内におけるレジスト膜8aに所望のパターンの電子線露光を施す（図4参照）。

【0035】次に、上記露光したレジスト膜8aを現像液で現像することにより、レジストパターン8を形成し、このレジストパターン8をマスクにして、遮光膜7aを所定のエッチング液によりエッチングして遮光膜パターン7bを形成し（図5参照）、引き続き高透過率膜4aをドライエッチングする（図6参照）。尚、この高透過率膜4aのドライエッチングは、反応性ドライエッチング方式（RIE）の平行平板型ドライエッチング装置を用いて、以下の条件で行う。

エッチングガス…CF₄ とO₂ との混合ガス
ガス圧…0.1 Torr
高周波出力…200W

【0036】次に、レジストパターン8を剥離した後（図7参照）、透明基板2の表面にポジ型電子線レジスト（ZEP-810S：日本ゼオン社製）を膜厚500nmに塗布してベーク処理を施して電子線レジスト膜9aを形成し（図8参照）、次いで、この電子線レジスト膜9aに遮光層7を形成するための電子線露光を施す（図9参照）。

【0037】次に、電子線レジスト膜9aを現像し、位相シフト効果に寄与しない領域のレジストパターン9を形成する(図10参照)。

【0038】しかる後、そのレジストパターン9をマスクにして遮光膜パターン7b及び低透過率膜3aの露出部分を所定のエッチング液を用いてエッチングしてこれらの膜の露出部分を除去し(図11参照)、次いで残存するレジストパターン9を除去することにより、ハーフトーン型位相シフトマスク1を得る(図1参照)。

【0039】図12は実施例1のハーフトーン型位相シフトマスク1の転写特性と従来のハーフトーン型位相シフトマスクの転写特性とを比較して示した図である。なお、図12のグラフにおいて、縦軸が被転写基板上の光強度であり、横軸が転写基板上のパターン寸法(単位; μm)を示すものである。また、図の実線の曲線が実施例であり、一点鎖線の曲線が比較例である。これらの曲線は、それぞれのハーフトーン型位相シフトマスクを用い、1/5縮小投影型ステッパにて被転写基板表面にパターン転写したときの光強度のシュミレーションを示したものである。なお、ここで、ハーフトーン型位相シフトマスクのパターン(透光部)の寸法 $W1$ は $2.5\mu\text{m}$ 、位相シフト機能を果たす部分の寸法 $W2$ が $2.0\mu\text{m}$ である。また、被転写基板上の寸法 $W1'$ は $0.5\mu\text{m}$ 、 $W2'$ が $0.4\mu\text{m}$ である。

【0040】この図12からわかるように、本実施例のハーフトーン型位相シフトマスクを用いた場合は、透光部6と半透光層5との境界近傍において光強度がゼロとなりコントラストが高くなっており、また、露光光の相殺作用に寄与しない領域において、光強度がゼロとなり露光光の洩れを完全に防いでいる。したがって、被転写基板上に膜減りの小さいレジストパターンを得ることができる。しかも、図12から明らかなように、透光部6($W1$)を通過した露光光の被転写基板上の光強度が比較例よりも本実施例のほうが大きくなっており、さらに、半透光部の領域内であって透光部と半透光部との境界近傍でかつ露光光の相殺作用に寄与する領域($W2$)を通過した露光光の被転写基板上の光強度は実施例のほうが小さくなっている。この点においても本実施例のほうがコントラスト向上の観点で有利である。

【0041】また、本実施例では、位相シフトマスク上の転写領域と被転写領域の境界部も遮光層で覆っているため、被転写基板上に不要な像が形成されることを防止することができる。

【0042】また、本実施例における低透過率層3は 21nm の非常に薄い膜で形成しているためピンホールが発生しやすいが、その上方に膜厚が 80nm の遮光層7によって半透光層5の大部分を覆っている。仮に、低透過率層3にピンホールが発生したとしても、パターン転写の際に不要な像をつくることを防止することができる。

【0043】また、本実施例では、低透過率層3と遮光層7として、同じ材料(Cr)を用いたので、遮光層7の2度目のエッチングと低透過率層3のエッチングとを同時に行うことができ、工程を簡略化することができる。

【0044】尚、本実施例では、低透過率層3としては、クロムの他に、クロムに酸化クロムもしくは窒化クロムもしくは炭化クロム等のクロム化合物が含まれるものでもよく、あるいは、モリブデン、タンタル又はタングステンにシリコンを含む材料、あるいは、これらに窒素及び/又は酸素を含ませたものであってもよい。

【0045】また、遮光層7としては、クロムの他に例えば、モリブデンにシリコンを含む材料、チタン、アルミニウム、タングステン等の膜であってよい。また、低透過率層3と遮光層7とは必ずしも同じ材料である必要はない。

【0046】また、半透光層5の光透過率は、通常、1～50%の範囲であればよく、実用的には5～15%のものが多く使用される。

【0047】(実施例2)図13は、本発明の実施例2にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの切断面の端面図、図14ないし図20は実施例2にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。以下、これらの図面を参照しながら実施例2を説明する。なお、この実施例は、上述の実施例1における半透光層5を一層の膜で構成した外の点の構成はほぼ同一であるので、以下の説明では、実施例1と共通する機能を果たす部分には同一の符号付してその説明の一部を省略する。

【0048】この実施例においては、半透光層5は、膜厚 180nm の酸化窒化 MoSi 膜であり、波長 365nm の露光光に対する透過率が8%であり、また、露光光の位相を 180° シフトさせる。

【0049】また、遮光層7はCrからなる膜厚 80nm の膜であり、位相シフト効果に寄与しない領域に形成されている。

【0050】この構成のハーフトーン型位相シフトマスク1は以下のようにして製造することができる。

【0051】まず、透明基板1上にモリブデンシリサイドのターゲットを用い、 $\text{Ar} + \text{O}_2 + \text{N}_2$ ガスを用いた反応性スパッタリング法による酸化窒化 MoSi からなる透過率及び位相差を同時に制御する単層の半透光膜5aを形成する。次に、半透光膜5a上に、スパッタリング法によりCrを膜厚 80nm に成膜して遮光膜7aを形成する。次に、この遮光膜7aの上にポジ型電子線レジスト(ZEP-810S:日本ゼオン社製)を膜厚 500nm 塗布し、ベークして電子線レジスト膜8aを形成する(図14参照)。

【0052】次に、透明基板1上の電子線レジスト膜8aに所望のパターンの電子線露光を施す(図15参

照)。

【0053】次に、上記露光した電子線レジスト膜8aを現像した後ベークしてレジストパターン8を形成し、次いで、このレジストパターン8をマスクにして、遮光膜7aを所定のエッチング液によりエッチングして遮光膜パターン7bを形成する(図16参照)。

【0054】次に、半透光膜5aをエッチングした後、レジストパターン8を除去する(図17参照)。尚、この半透光膜5aのエッチングは、反応性イオンエッチング方式の平行平板型ドライエッチング装置を用いて、以下の条件で行う。エッチングガス…CF₄とO₂との混合ガス

ガス圧…0.1 Torr

高周波出力…200 W

【0055】次に、基板全面にポジ型フォトレジスト(AZ-1350:シブレイ社製)を膜厚600 nm塗布し、ベーク処理を施してフォトレジスト膜9aを形成する(図18参照)。

【0056】次に、透明基板1の裏面より、全面露光を行い遮光膜パターン7bをマスクとした露光を施す(図19参照)。この際、パターンニングする部分の線幅が大きくなるように照射量を、遮光膜パターン7bと同一寸法のパターンを得る場合の照射量よりも多くする。次いで、フォトレジスト9aを現像し、そのレジストパターンをマスクとして遮光膜パターン7bを所定のエッチング液によりエッチングする。このときも上述の露光量を多くすると同様にエッチング時間を通常のパターンニングより長くすることが重要である。しかる後に、レジストを剥離してすることにより実施例2のハーフトーン型位相シフトマスク1を得ることができる(図13参照)。

【0057】本実施例によれば、実施例1と同様に、コントラストが高く、膜減りの小さいレジストパターンを得ることができ、また、位相シフトマスク上の転写領域と非転写領域の境界部も遮光層で覆っているため、被転写基板上に不要な像が形成されることを防止することができる。

【0058】また、半透光層5を酸化窒化MoSi、遮光層7をクロムとしていることにより、エッチングの際に双方がエッチングされてしまうことがない。

【0059】尚、本実施例では、半透光層として酸化窒化MoSi、遮光層としてクロムを用いたが、半透光層としてはこれに限らず、1層で所定の透過率及び位相差を有する膜材料であればよく、例えば、クロムの酸化物、窒化物、弗化物、炭化物又はこれらの混合物、酸化シリコンに吸光材を混合させた材料など、半透光膜として使用できるあらゆる材料を用いることができる。ただし、本実施例のような方法を用いる場合、半透光層と遮光層とは互いのエッチング環境に耐性を有する材料を選定する必要がある。

【0060】また、上記実施例では、背面露光工程にお

いて、所定の位置に遮光膜を形成するために、背面露光の照射量を多くしたが、図20に示したように、透明基板1の表面に対向して、基板12上にクロム膜等の高反射膜13が形成された反射用基板11を配置することにより反射作用を利用して半透光層5上の透光部との境界近傍にも露光されるようにしてもよい。

【0061】以下に、本発明の代表的な変形例を挙げる。

【0062】図21に示した位相シフトマスク1は、透明基板2に直接エッチングを施して透明基板の一部を高透過率層4とし、この高透過率層4の上に低透過率層3を積層し、低透過率層3の上の位相シフト機能に寄与しない部分に遮光層7を形成したものである。

【0063】図22に示した位相シフトマスク1は、透明基板2の上の所定の位置に遮光層7を設け、その上の所定の位置に単層の半透光層5を形成したものである。尚、この半透光層5を高透過率層と低透過率層の2層構造のものにしてもよい。

【0064】本発明において、遮光層を設ける位置については、被転写基板上のW2^{*}が0.2 μm以上の範囲でなるべく小さくなるように設定することが好ましい。つまり、1/5縮小投影型ステッパを用いる場合は、マスク上でのW2^{*}が1 μm以上の範囲でなるべく小さいほうが好ましい。W2^{*}をなるべく小さくすることにより半透光部における光の洩れを最小限に押さえることができるが、W2^{*}が1 μm以下になると、半透光部と透光部の境界近傍における相殺作用に悪影響を及ぼす可能性があるからである。ただし、パターンの寸法(W1)精度は半透光部の寸法精度によって決定されるので、遮光層の寸法(W1)精度はさほど要求されない。さらに、本発明の特徴部分は、(構成1) 微細パターン転写用のマスクであって、透明基板上の転写領域に形成するマスクパターンを、実質的に露光に寄与する強度の光を透過させる透光部と実質的に露光に寄与しない強度の光を透過させる半透光部とを有し、この半透光部を通過する光の位相をシフトさせて該半透光部を通過した光の位相と前記透光部を通過した光の位相とを異ならしめることにより、前記透光部と半透光部との境界近傍を通過した光の相殺作用を利用して境界部のコントラストを良好に保持できるようにしたハーフトーン型位相シフトマスクにおいて、少なくとも前記マスクパターン転写領域内であって、前記透光部と半透光部との境界近傍における光の相殺作用に実質的に寄与しない半透光部の上又は下に遮光層を備えたことを特徴とする構成、この構成1の態様として、(構成2) 構成1のハーフトーン型位相シフトマスクにおいて、前記マスクパターン転写領域と非転写領域との境界に隣接する非転写領域を半透光部とし、かつ、この非転写領域の半透光部に所定以上の幅を有する遮光部を設けたことを特徴とする構成。また、本発明にかかるハーフトーン型位相シフトマスクブランクは、

(構成3) 構成1又は2のハーフトーン型位相シフトマスクを製造する際にその素材として用いるハーフトーン型位相シフトマスクブランクであって、透明基板の上に半透光部を構成する半透光膜を有し、この半透光膜の上又は下に遮光層を構成する遮光膜有することを特徴とした構成。上述の構成1によれば、少なくともマスクパターン転写領域内であって、透光部と半透光部との境界近傍における光の相殺作用に実質的に寄与しない半透光部に遮光層を設けることにより、その部分における露光光の洩れを抑えることができる。したがって、レジストの膜減りを小さくすることができる。この場合、マスクパターンのパターン精度は、半透光部のパターン精度によって決まり、遮光層のパターン精度、並びに、その厚さ精度はそれ程要求されないから、その設計及び形成は比較的容易である。それゆえ、ハーフトーン型位相シフトマスク本来の利点を生かしつつその欠点である露光光の洩れをほぼ完全に防止することができる。しかも、上記構成によれば、透光部を通過した露光光の非転写基板上の光強度が従来よりも大きくなり、さらに、半透光部の領域内であって透光部と半透光部との境界近傍でかつ露光光の相殺作用に寄与しない領域を通過した露光光の非転写基板上の光強度は従来より小さくなることが確認されており、実際上の転写パターンのコントラスト向上効果は著しいものがあることが確認されている。また、構成2によれば、前記マスクパターン転写領域と非転写領域との境界に隣接する非転写領域を半透光部とし、かつ、この非転写領域の半透光部に所定以上の幅を有する遮光部を設けたことにより、このハーフトーン型位相シフトマスクをステッパーのレティクルとして用いた場合に、ステッパーのアパーチャーの光通過領域と、レティクルたるハーフトーン型位相シフトマスクの転写領域との間に多少のずれがあって、露光光が位相シフトマスクの非転写領域における半透光部にはみだして照射されても、このはみだして照射された露光光は上記遮光部によって遮断されて透過することができない。これにより、被転写体上における非転写領域に不要な露光光が達することを完全に防止でき、上記アパーチャーの光通過領域とハーフトーン型位相シフトマスクの転写領域との間に多少のずれがあった場合にも、このずれに基づく露光の欠陥が生ずることを防止できる。さらに、構成3によれば、構成1又は2のハーフトーン型位相シフトマスクを容易に製造することができるハーフトーン型位相シフトマスクブランクが得られる。

【0065】以上詳述したように、本発明にかかるハーフトーン型位相シフトマスクは、少なくともマスクパターン転写領域内であって、透光部と半透光部との境界近傍における光の相殺作用に実質的に寄与しない半透光部に遮光層を設けたことにより、その部分における露光光の洩れを抑えることができる。したがって、レジストの膜減りを小さくすることができる。この場合、マスクパ

ターンのパターン精度は、半透光部のパターン精度によって決まり、遮光層のパターン精度、並びに、その厚さ精度はそれ程要求されないから、その設計及び形成は比較的容易である。それゆえ、ハーフトーン型位相シフトマスク本来の利点を生かしつつその欠点である露光光の洩れをほぼ完全に防止することができる。

【0066】また、マスクパターン転写領域と非転写領域との境界に隣接する非転写領域を半透光部とし、かつ、この非転写領域の半透光部に所定以上の幅を有する遮光部を設けたことにより、このハーフトーン型位相シフトマスクをステッパーのレティクルとして用いた場合に、ステッパーのアパーチャーの光通過領域と、レティクルたるハーフトーン型位相シフトマスクの転写領域との間に多少のずれがあって、露光光が位相シフトマスクの非転写領域における半透光部にはみだして照射されても、このはみだして照射された露光光は上記遮光部によって遮断されて透過することができない。これにより、被転写体上における非転写領域に不要な露光光が達することを完全に防止でき、上記アパーチャーの光通過領域とハーフトーン型位相シフトマスクの転写領域との間に多少のずれがあった場合にも、このずれに基づく露光の欠陥が生ずることを防止できる。

【0067】さらに、本発明のハーフトーン型位相シフトマスクブランクによれば、本発明にかかるハーフトーン型位相シフトマスクを容易に製造することができるハーフトーン型位相シフトマスクブランクが得られる。

【発明の効果】以上詳述したように、本発明は、半透光膜の上に、この半透光膜を構成する材料のエッチング環境に耐性を有する材料からなる遮光膜を有するようにしたことにより、半透光膜と遮光膜とのそれぞれに、互いに一方をエッチングするときに他方がエッチングされないようにし、それぞれ別個のパターンを形成することを可能にしている。これにより、遮光部ではより完全な遮光をしつつ、位相シフト作用を担う部位ではその機能を発揮できるようにしたものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの構成を示す図であって図2のI-I線断面面の端面図である。

【図2】実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの平面図である。

【図3】実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図4】実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図5】実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図6】実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図7】実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマ

スクの製造工程説明図である。

【図8】実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図9】実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図10】実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図11】実施例1にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図12】実施例1のハーフトーン型位相シフトマスク1の転写特性と従来のハーフトーン型位相シフトマスクの転写特性とを比較して示した図である。

【図13】実施例2にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図14】実施例2にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図15】実施例2にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図16】実施例2にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図17】実施例2にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図18】実施例2にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図19】実施例2にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図20】実施例2にかかるハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程説明図である。

【図21】本発明の変形例を示す図である。

【図22】本発明の変形例を示す図である。

【図23】本発明の従来例の説明図である。

【図24】本発明の従来例の説明図である。

【図25】本発明の従来例の説明図である。

【図26】本発明の従来例の説明図である。

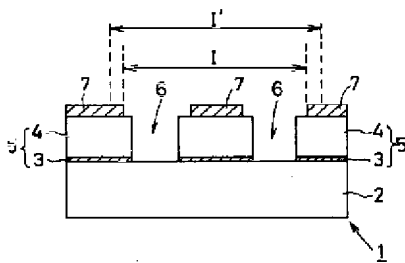
【図27】本発明の従来例の説明図である。

【図28】本発明の従来例の説明図である。

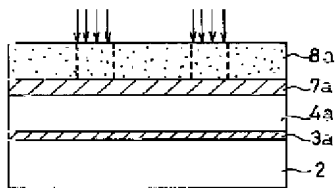
【符号の説明】

1…ハーフトーン型位相シフトマスク、2…透明基板、3…低透過率層、4…高透過率層、5…半透光層、6…透光部、7…遮光層。

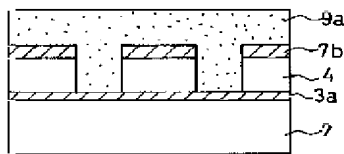
【図1】



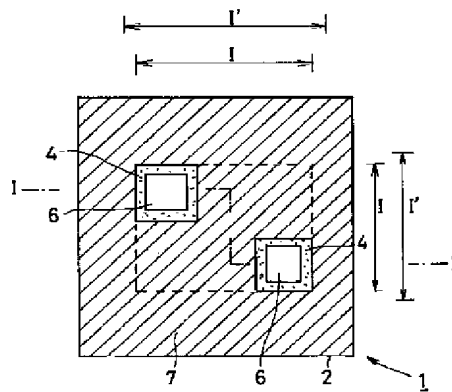
【図4】



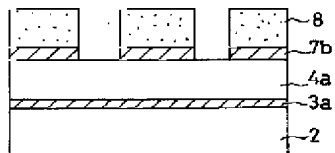
【図8】



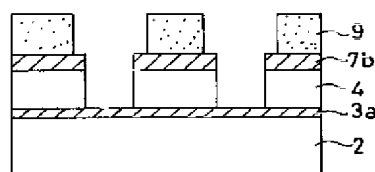
【図2】



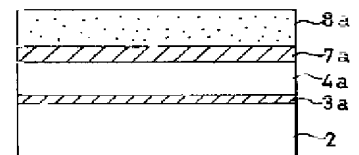
【図5】



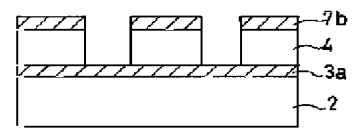
【図10】



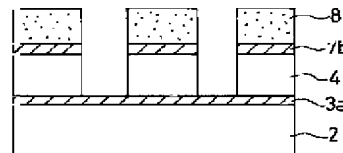
【図3】



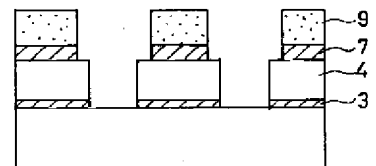
【図7】



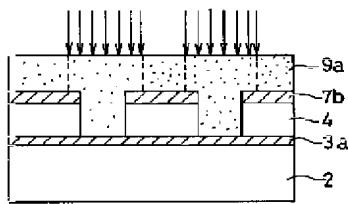
【図6】



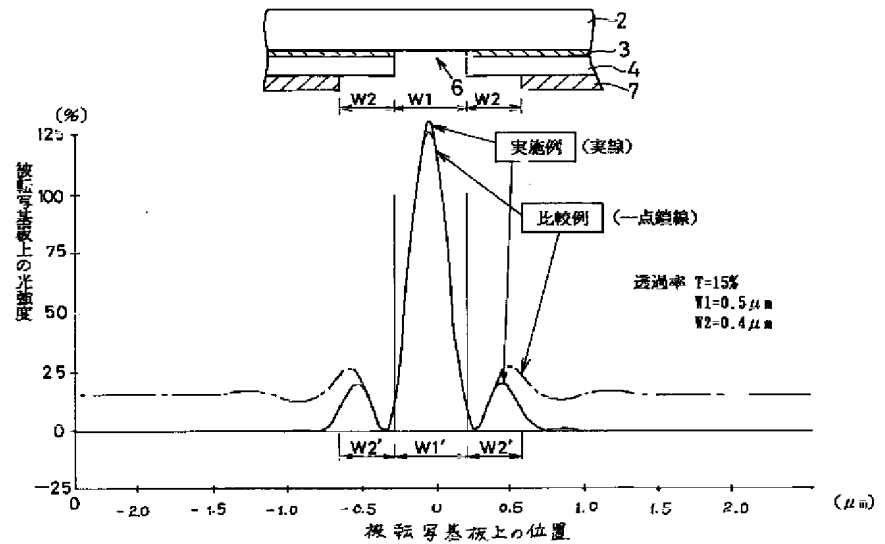
【図11】



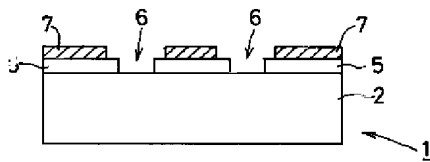
【図9】



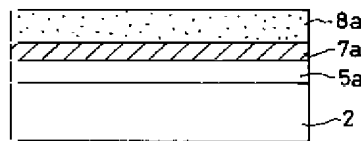
【図12】



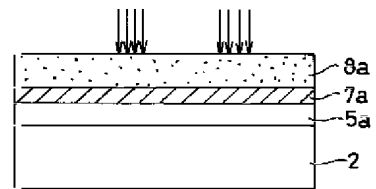
【図13】



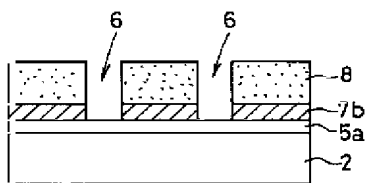
【図14】



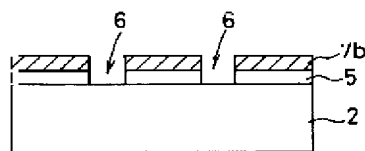
【図15】



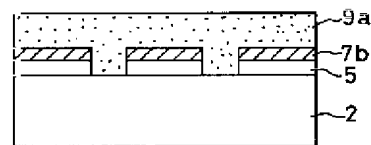
【図16】



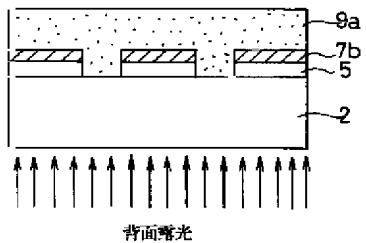
【図17】



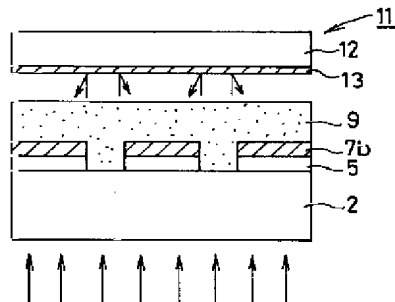
【図18】



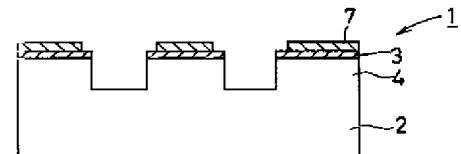
【図19】



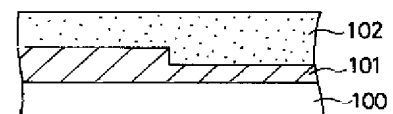
【図20】



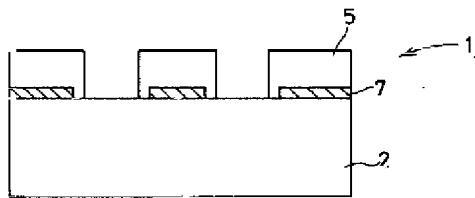
【図21】



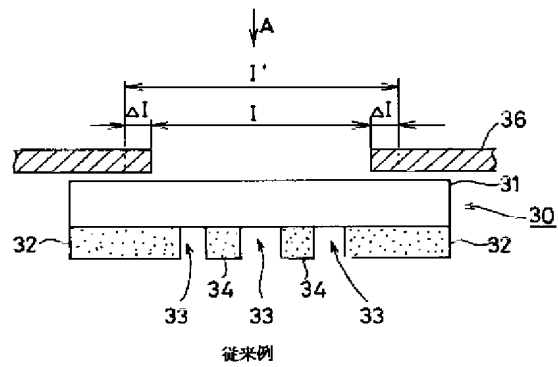
【図25】



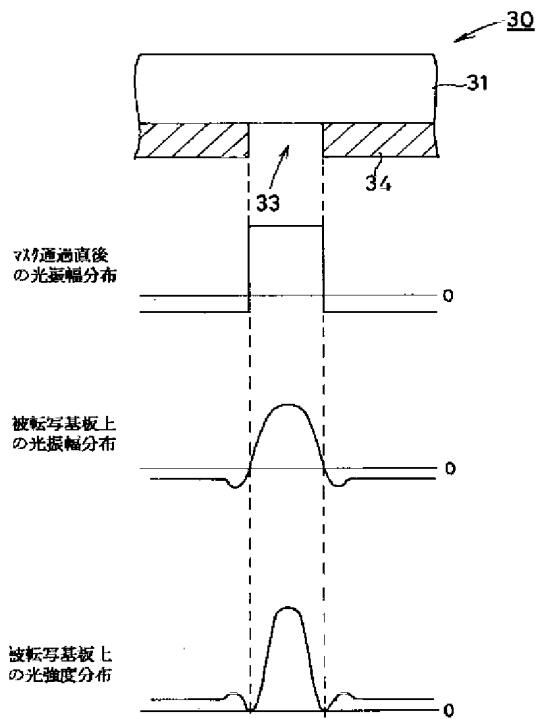
【図22】



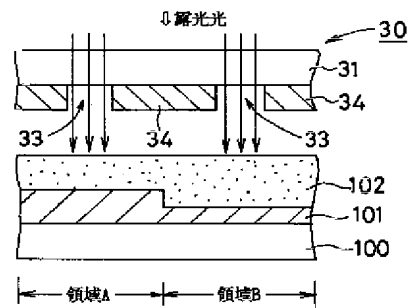
【図23】



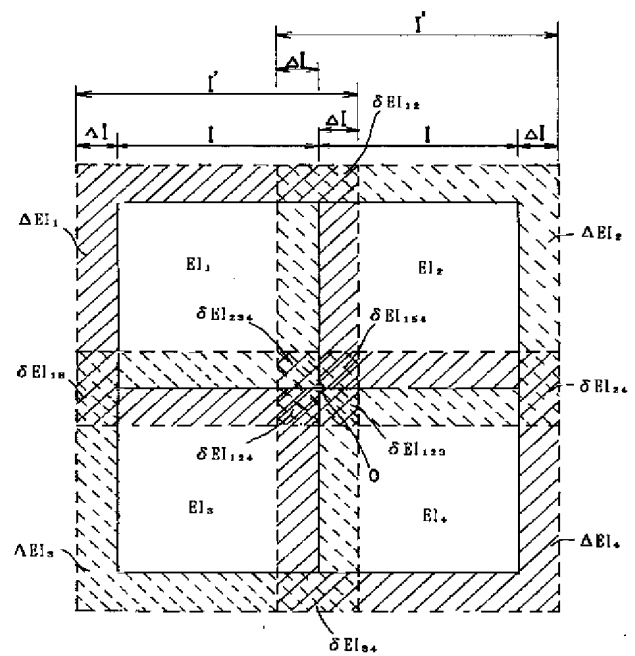
【図24】



【図26】



【図28】



【図27】

